

温泉の源泉井戸調査と補修工事の事例

大和田 照雄*

*株式会社 アクアジオテクノ 技術部資源開発グループ

キーワード：源泉補修，源泉改修，坑井障害，井戸管理

1. はじめに

井戸と揚湯設備を新設後，長年揚水を継続するに従い各種の障害は生じてくる。水位の変化，揚水量の変化，水質の変化などのために必要水量の確保ができないだけでなく，水中ポンプへの障害が発生する。これらの現象は，井戸及び水中ポンプの日常の保守管理により，大きな障害の発生前に，井戸管理データを含めた情報を整理して原因の究明と対応・対策を講じる必要がある。

本源泉は，施設の運営が始まってから10年後に井戸能力に変化があるのではとの問い合わせがあり，平成20年6月に井戸能力の再調査と揚湯設備の見直し及び井戸管理の改善の提案を行った。提案した同年の11月に既設ポンプの故障が発生したため，水中ポンプの揚管を機会に井戸調査を行った。井戸調査の結果，上部浅層から低温水が流入していると推定された。低温水の流入により，泉温の変化，湧出量の変化，水位の変化，泉質の変化などの坑井障害の症状も確認された。

ここで紹介するのは，坑井障害の事例を基に調査手法，解析結果，補修方法の検討と施工を述べる。

2. 調査手法

現況の坑井障害の症状を確認するために，揚湯試験，泉質分析，水中テレビカメラ観察を実施した。

揚湯試験は，段階と一定量揚湯試験を行い，「揚湯量」「水位」「温度」「電導度」の計測をした。スクリーン以外からの流入により泉質にも変化が現れこともあり泉質分析を行った。水中テレビカメラ観察は，耐熱・耐圧性から観測条件が限定されるが，破損箇所と腐食状況の把握には有効な手法といえる。

3. 調査結果

源泉井戸調査は，平成20年11月と平成22年11月に行った。その結果，深度185m付近から低温水の流入と深度772m付近でスクリーンからの温泉水の流入経路が堆積物により狭まっていることが判明した。

4. 改修・補修工事

2回の源泉井戸調査と平成21年1月から開始された自動観測（揚湯量，水位，温度）により井戸能力回復のため改修工法と，源泉井戸の修復を行うため幾つかの補修方法が検討した。堆積物除去の改修工法として，「エアリーフト」，「送水循環」，「ブラッシング」洗浄を行った。

補修工法は，「遮水効果」，「今後の井戸管理」から既設ケーシングに内装管を設置する二重ケーシング設置工法とした。

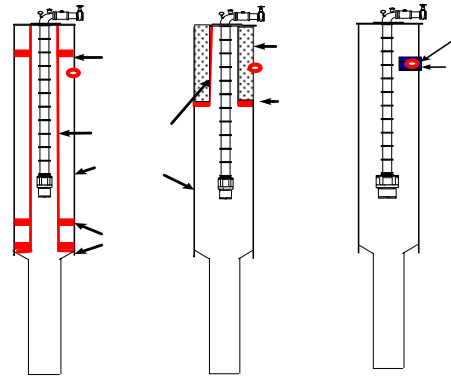


図1 補修工法

表1 補修対策案比較表

項目	内挿管設置		パッチ工法
	0~800m	0~300m	
遮水工法	自重式バッカー工法	セメンチング工法	
遮水効果	○	△	○
耐久性	△	○	△
メンテナンス	○	×	○
内挿管の回収	○	×	×
費用	△	○	△
総合評価	○	×	×

補修工事の結果，井戸能力は改善され安定供給が可能となった。

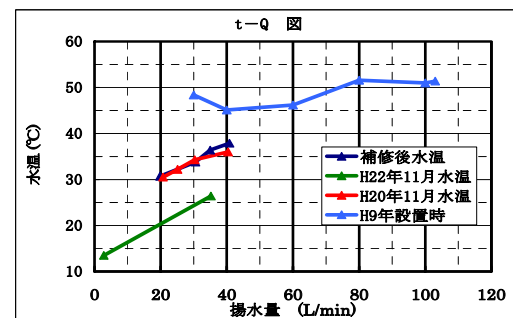
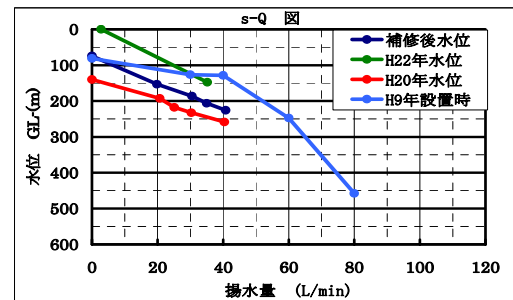


図2 水位-揚水量，水温-揚水量

5. おわりに

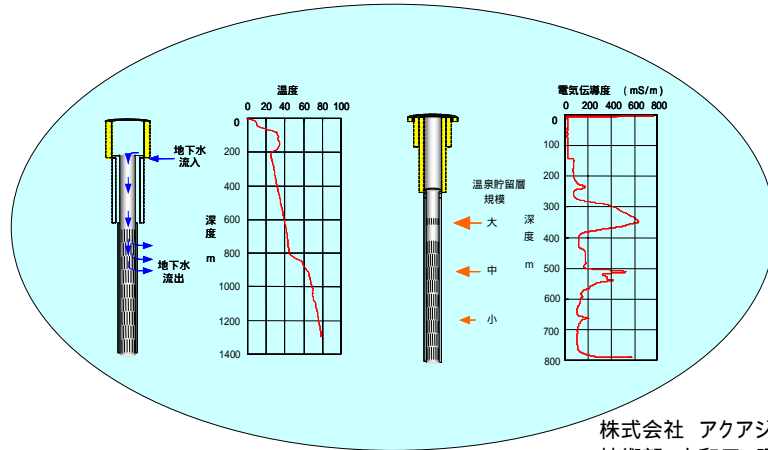
井戸と揚湯設備（水中ポンプ他）の稼動記録を（揚湯量、水位、水温）を継続的に記録することにより、井戸障害の早期発見や未然防止の可能性も高くなり、本源泉においても早めの対策を講じることにより、井戸と揚水設備の寿命を延ばすことができ、経済的メリットをもたらすこととなった。したがって今後も、揚湯量、水位及び

水温などの定期観測による日常の井戸管理や定期的なメンテナンスが必要である。

6. 文献

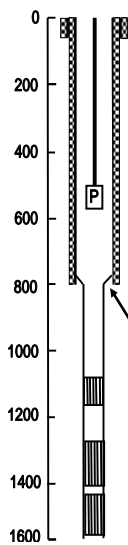
高橋徹哉・鈴木隆広（2005）：坑井障害と調査手法，北海道立地質研究所 第43回試錐研究会講演資料集

温泉の源泉井戸調査と補修工事の事例



株式会社 アクアジオテクノ
 技術部 大和田 照雄
 江刺家 秀彦 1

井戸構造と揚水設備



掘削径	深度	管種	外径	内径
17-1/2" (444.5)	76m	SGP	355.6	339.8
12-1/4" (311.2)	800m	STO	244.5	228.6
8-1/2" (215.9)	1600m	STO	177.8	166.0
	スクリーン	STO	177.8	161.7

スクリーン区間
1079 ~ 1119m
1189 ~ 1209m
1268 ~ 1326m
1350 ~ 1469m
1493 ~ 1584m

水中ポンプ	SP5A-85-7.5kw
揚水管	FGP40A x 8.9m/本 x 56本
設置深度	498m

Jツールパッカー

・平成9年竣工

・深度800m間はフルホールセメンチング

・深度800m付近にJツールパッカーの遮水装置

・水中ポンプ設置深度498m

・平成21年1月から揚湯量、水温、水位の自動観測開始

源泉井戸履歴

1. 平成9年竣工
2. 平成20年6月 源泉井戸調査提案(井戸能力の再評価)
3. 平成20年11月 源泉井戸調査(井戸能力調査、抗井障害の有無)
調査内容: 揚湯試験、水中テレビカメラ調査、温度・電気伝導度検層、
温泉分析
水中ポンプ交換(既設ポンプ故障により)
4. 平成21年1月～ 源泉井戸点検業務(井戸カルテの作成)
観測項目: 揚湯量、水位、水温
点検項目: 電気伝導度、水中ポンプ電圧・電流・絶縁抵抗、可燃性ガス
5. 平成22年11月 源泉井戸調査(破損箇所の特定、改修・補修計画の策定)
調査内容: 揚湯試験、水中テレビカメラ調査、温度・電気伝導度検層、
温泉分析
改修提案
6. 平成23年8月 源泉井戸補修

3

水中テレビカメラ及び物理検層機器

温度・電気伝導度測定プローブ仕様

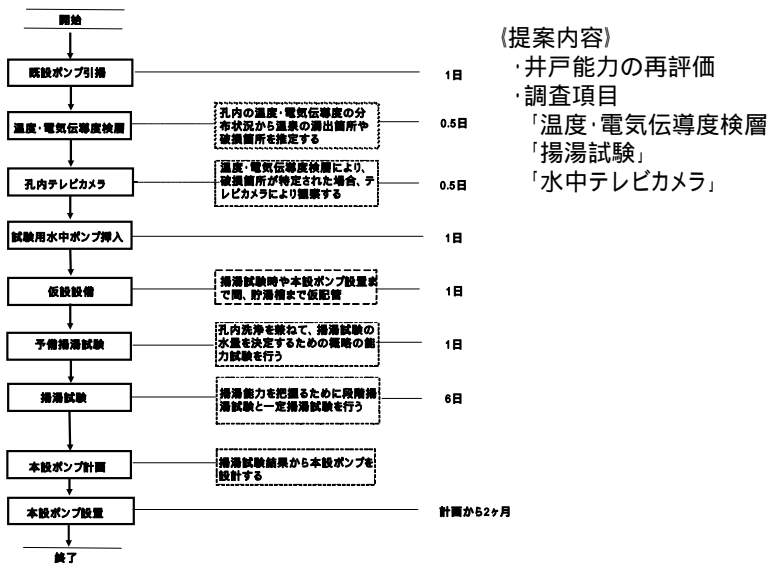
型式	温度/孔内水導電率プローブ TCDS(日ハートソング 和キョク社製)
外形および重量	38mm、長さ2440mm
温度	レンジ 0～70
	精度 ±0.5
	示差 1m当りの温度変化
導電率	レンジ 50～50000 μS/cm
	精度 500 μS/cmで±2.5%
	示差 1mでの伝導率の傾き

水中テレビカメラ仕様

型式	孔内カラーカメラ装置 DTR65MPX(日ハートソング 和キョク社製)
外形および重量	85mm、長さ1160mm
観察カメラ部	解像度 380TVライン
	照明 内蔵白色LED
	カメラ制御角度 ±110度
	カメラ回転角度 ±360度
耐久温度	50

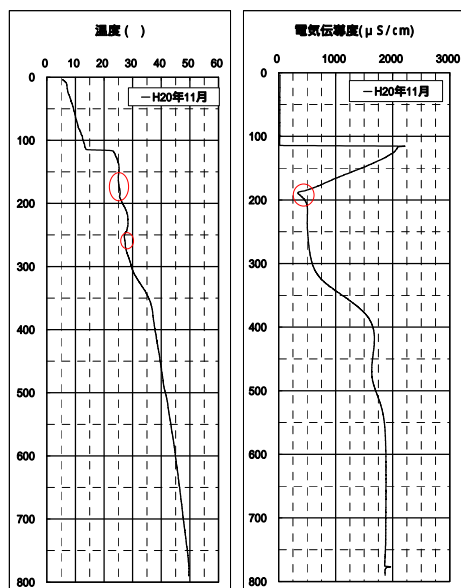
4

平成20年6月調査提案



5

平成20年11月調査(1)



(調査目的)
・井戸能力の再評価

調査内容
・温度検層
・電気伝導度検層
・揚湯試験(段階、一定量)

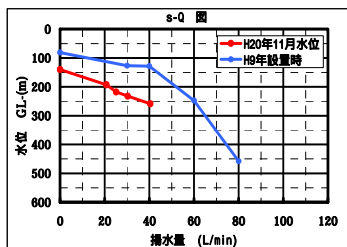
検層
・温度検層での異常箇所
深度160m ~ 190m
深度250m ~ 260m

・電気伝導度での異常箇所
深度190m付近

・検層は、深度790mでプローブの
降下不能となる

6

平成20年11月調査(2)

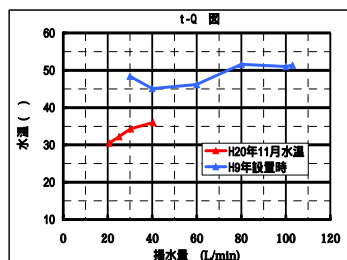


揚湯試験
動水位は、80～120m低下
水温は、10～15 低下

水中テレビカメラ
孔内の濁りにより観察は不鮮明

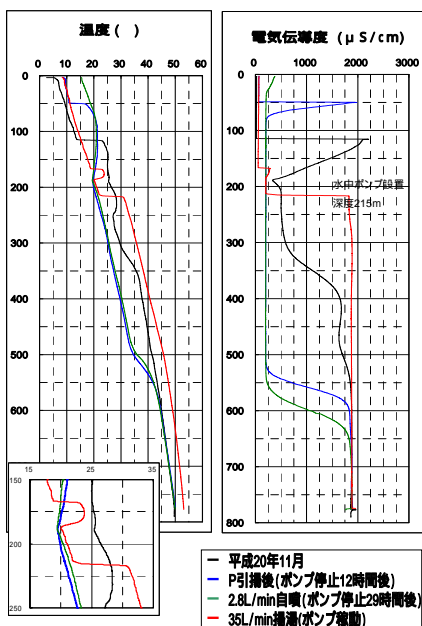
調査結果まとめ

- これらの結果から、160m～260mの区間でケーシングパイプ破損により低温水が流入していると推定された
- 深度800m付近の異径箇所スケールなどによりケーシング内径の縮小



7

平成22年11月調査(1)



調査内容

- 温度・電気伝導度検層
- 揚湯試験(段階、一定量)
- 水中テレビカメラ

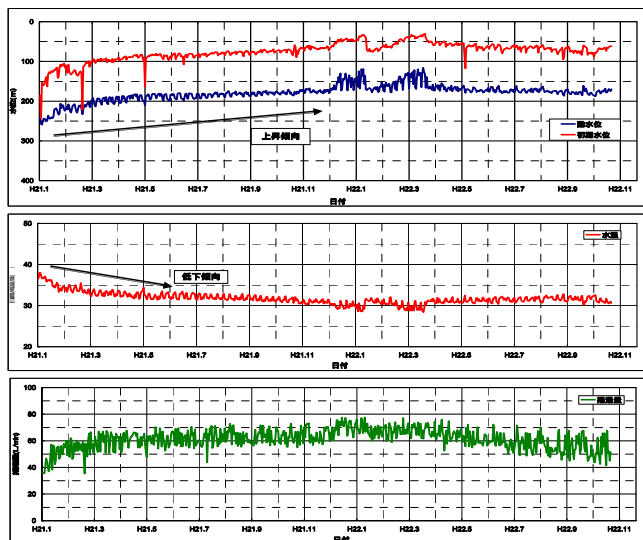
検層

- 温度検層での異常箇所
深度180m付近
- 電気伝導度での異常箇所
深度190m付近
- 検層は、深度780mでプローブの降下不能となる

8

平成22年10月井戸点検(観測)

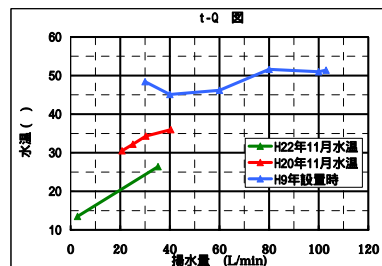
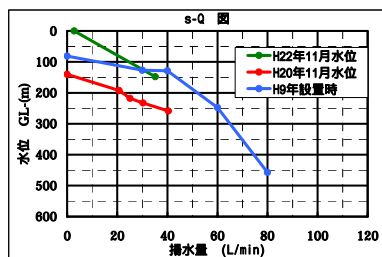
観測データ (平成21年1月～平成22年10月)



観測開始当初の平成21年1月から
「水温は下降傾向」
「水位は上昇傾向」

9

平成22年11月調査(2)



揚湯試験


- ・静水位が自噴状態
- ・動水位も100～150m上昇
- ・水温は10℃以上低下し、25℃前後
- ・自噴時の電導度22mS/mと低い

項目	排水量 (l/min)	動水位 GL-(m)	比湧出量 (l/min/m)	温度 (°C)	電導度 (mS/m)	時間 (min)
平成22年11月						
自噴	2.8	-0.2	-	13.5	22	-
揚湯	34.5	147.9	0.22	26.5	126	1260
平成20年11月						
静水位	-	140.0	-	-	-	-
1段階	20.7	192.7	0.39	30.5	189	480
一定量	25.1	217.9	0.23	32.2	179	3060
2段階	30.3	232.5	0.36	34.3	182	480
3段階	40.4	258.6	0.31	36.0	183	480
平成9年設置時						
静水位	-	81.0	-	-	-	-
1段階	30.0	126.7	0.65	48.4	-	320
2段階	40.0	128.6	0.84	45.1	-	320
3段階	60.0	247.7	0.35	46.2	-	320
4段階	80.0	457.6	0.21	51.6	-	360
一定量	100.0	528.0	0.22	51.0	-	13440
5段階	103.0	529.6	0.22	51.4	-	540


10

平成22年11月調査(3)


深度185m



深度500m



深度772m

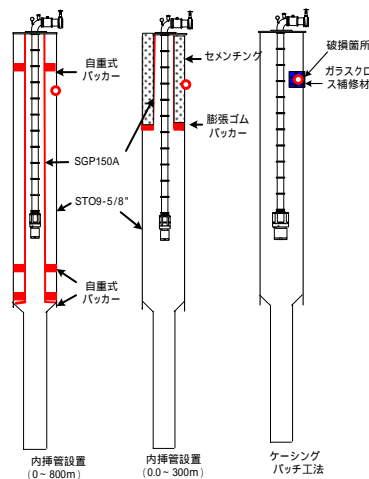


水中テレビカメラ
 ・深度185mにおいて浮遊物が井戸内部で渦状に流動
 ・深度772mにて堆積物等により口径が狭まっている

調査結果まとめ
 ・深度185m付近に漏水箇所
 観測記録開始した平成21年1月以前から発生

・深度772mにて沈殿物等により口径が狭まっている

改修、補修方法の検討



- (改修)
 ・堆積物の除去
 ・落下物?の改修
 ・ボーリング機械及び槽設営
- (補修)
 ・SGP150Aの重量が15.8t

項目	内挿管設置		パッチ工法
	0~800m	0~300m	
遮水工法	自重式パッカー工法	セメンチング工法	
遮水効果		セメンチング成否	漏水箇所の特定
耐久性			
メンテナンス		x	
内挿管の回収		x	x
費用			
総合評価		x	x

補修工事(1)

工事工程

作業項目	日数	5	10	15	20	25	30	35
設営	7	—						
既設ポンプ	2		—				—	
エアリフト	4		—					
送水	2			—				
ワイヤブラシ	2				—			
検査	3				—			
テレビカメラ	4			—	—			
ゲージ渡し	2					—		
内装管設置	3						—	
漏水試験	8						—	—
解体撤去	5							—
	34							



仕様主要機械

名称	仕様	能力
掘削機	TL-2000	巻上能力6t
同上動力		30KW
ポンプ	NP-700	58kg/cm ² × 730L/min
同上動力		30KW
槽	鋼製4脚	23m × 40t
DP	2-3/8"	6m/本



補修工事(2)

エアリフト及び送水洗浄による堆積物除去



(エアリフト洗浄)



(送水洗浄)



(洗浄効果)

・エアリフト洗浄

2-3/8"DPをエアリフト管として深度775mまで降下

・送水洗浄

2-3/8"DPの先端に7"鋼管を接続して、泥水ポンプで送水

補修工事(3)

エアリフト及び送水洗浄後の孔内状況



・堆積物

・深度773m付近の堆積物はサビなどの剥離片とナイロン紐、ワイヤーブラシで回収

・Jツールパッカーは深度773mで確認
既存資料より27m浅い

15

補修工事(4)

自重式パッカー



・自重式パッカー設置深度

1段: 深度773m
2段: 深度767m
3段: 深度105m

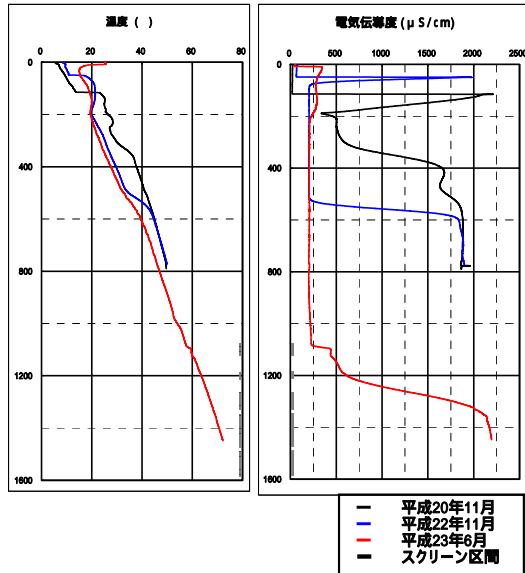


← 下側

16

補修工事(4)

内装管設置後の温度、電導度検層



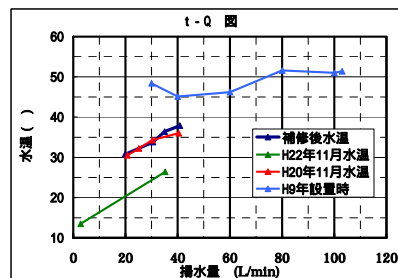
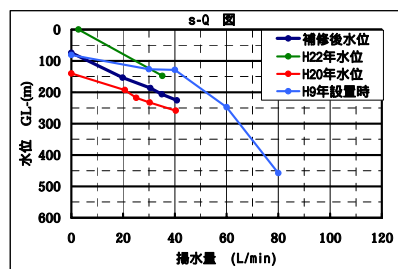
・温度検層から深度185m付近からの漏水による低温水の流入は止まる

・電気伝導度検層は、内装管設置直後の検層のため、低温水が下部スクリーンへ流動した状態と判断

17

補修工事(5)

内装管設置後の揚湯試験結果



揚湯試験

- ・静水位は自噴からH9年設置時
- ・s-Q線の傾きは大きな変化はなく、井戸能力の低下はない
- ・水温と電導度は平成20年11月時

項目	揚水量 (L/min)	動水位 GL-(m)	比揚出率 (l/min/m)	温度 (°C)	電導度 (μS/m)	時間 (min)
平成23年補修後						
静水位	-	74.4	-	-	-	-
1段階	19.8	153.4	0.25	30.7	152	480
2段階	30.5	186.4	0.24	33.8	171	480
3段階	35.0	206.4	0.25	36.4	180	480
4段階	40.8	225.8	0.25	37.9	177	480
一定量	34.5	259.7	0.18	41.6	184	3000
平成22年11月						
自噴	2.8	-0.2	-	13.5	22	-
揚湯	34.5	147.9	0.22	26.5	128	1260
平成20年11月						
静水位	-	140.0	-	-	-	-
1段階	20.7	192.7	0.39	30.5	189	480
一定量	25.1	217.9	0.23	32.2	179	3060
2段階	30.3	232.5	0.36	34.3	182	480
3段階	40.4	258.6	0.31	36.0	183	480
平成9年設置時						
静水位	-	81.0	-	-	-	-
1段階	30.0	126.7	0.65	48.4	-	320
2段階	40.0	128.6	0.84	45.1	-	320
3段階	60.0	247.7	0.35	46.2	-	320
4段階	80.0	457.8	0.21	51.6	-	360
一定量	100.0	528.0	0.22	51.0	-	13440
5段階	103.0	529.6	0.22	51.4	-	540

補修工事(6)

泉質分析

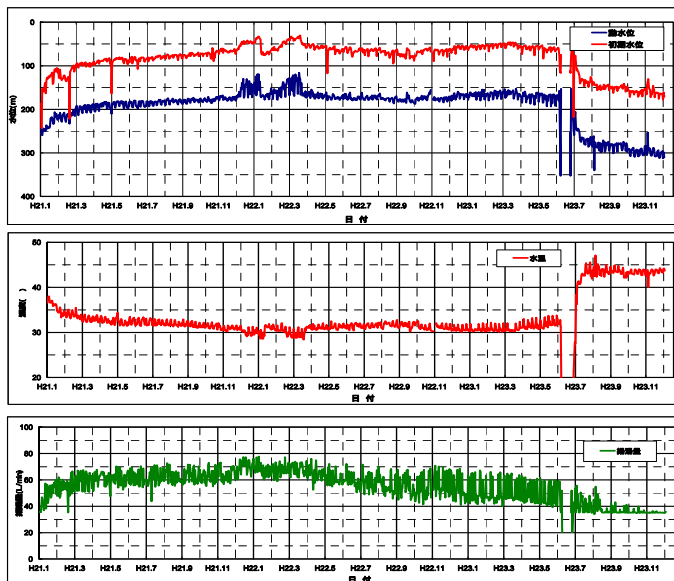
試験年月日	H9年設置時	H20年11月	H23年7月
泉温 ()	47.3	37.2	41.6
湧出量 (l/min)	95.0	25.0	35.0
pH値(現地)	8.6	9.4	8.9
pH値(室内試験地)	8.71	9.4	8.91
密度 (20 ° /4)	1.0001	0.9993	0.9994
蒸発残留物 (g/kg)	1792.0	1345.0	1318.0
陽イオン	240.4	203.3	193.5
ナトリウムイオン	3.5	6.2	2.1
カリウムイオン	0.1	-	0.2
マグネシウムイオン	1.7	0.8	0.1
カルシウムイオン	278.5	212.7	199.7
マンガンイオン	0.2	-	-
陰イオン	525.5	423.6	395.9
第一鉄イオン	1.1	0.6	0.3
第二鉄イオン	-	0.0	0.0
陽イオン計	525.5	423.6	395.9
陰イオン	3.5	2.2	0.5
塩素イオン	51.5	38.1	45.8
水酸イオン	0.1	0.4	0.1
硫酸水素イオン	0.4	0.8	1.0
チオ硫酸イオン	0.1	0.3	0.1
硫酸イオン	1069.0	818.9	809.1
炭酸水素イオン	25.0	14.4	31.2
陰イオン計	1157.0	894.5	901.0
遊離成分	21.3	33.2	32.8
メタ珪酸	7.2	0.0	4.7
遊離成分計	28.5	33.2	37.5
溶解物質計	1.7	1.4	1.3
遊離二酸化炭素	0.1	0.0	0.0
遊離硫化水素	0.0	0.0	0.0
溶解ガス成分計	0.1	0.0	0.0
成分総計	1721.0	1351.0	1334.0

・泉質
泉質は平成9年設置時と比較して成分総計で21%程度低下

19

補修工事(7)

源泉観測データ



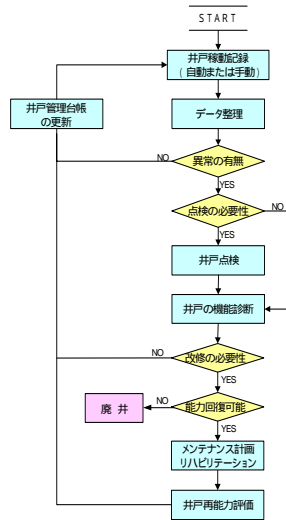
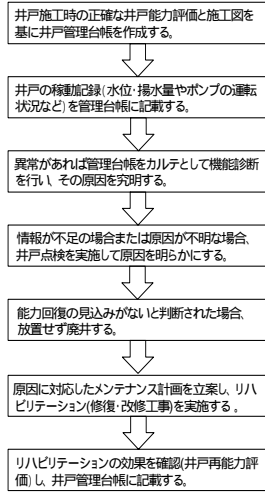
・水温
揚湯温度は43前後で安定

・揚湯量
揚湯量は35L/min前後で安定供給

20

温泉井戸の保守・メンテナンス

井戸管理の手順



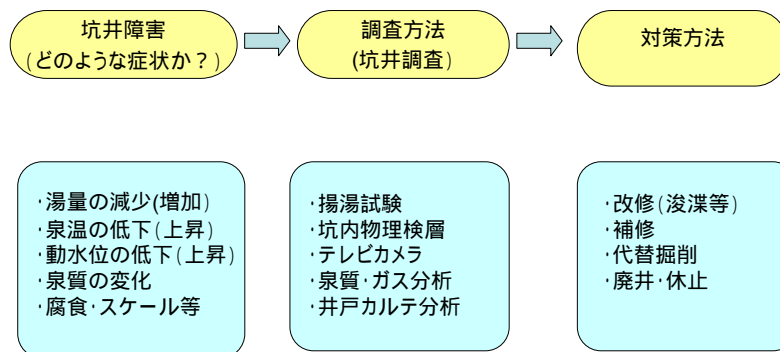
・井戸点検管理
(井戸)
「水位」
「揚湯量」
「温度」
「泉質」

(揚湯設備)
「電流」
「電圧」
「絶縁抵抗」
「圧力」

(井戸カルテ)
「井戸構造」
「水中ポンプ性能」
「揚湯試験記録」

21

坑井障害の調査方法と対策



22